



APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS COM MATERIAIS DE DESGASTE E RODANTE PARA EQUIPAMENTOS MÓVEIS E SEMIMÓVEIS DE UMA MINERADORA

COELHO, Alexander Ferreira¹; SILVA, Geraldo Leonardo²; SOUZA, Cristina José de Assis³; LAGE, Bruna de Carvalho Fonseca⁴; GUERRA, Mara de Oliveira Lage⁵

¹ FUNCESI - Faculdade de Ensino Superior de Itabira, alexanderfcoelho@hotmail.com

² FUNCESI - Faculdade de Ensino Superior de Itabira, geraldo.silva@funcesi.br

³ FUNCESI - Faculdade de Ensino Superior de Itabira, cristina.assis@funcesi.br

⁴ FUNCESI - Faculdade de Ensino Superior de Itabira, bruna.lage@funcesi.br

⁵ FUNCESI - Faculdade de Ensino Superior de Itabira, mara.guerra@funcesi.br

Resumo: Diante do cenário global e da crise econômica que afeta vários setores da mineração, faz-se necessária à busca constante pela redução de custos e elevação dos padrões de qualidade, seja de produtos ou serviços, a fim de tornarem as empresas mais competitivas. O objetivo deste estudo foi identificar as características da aplicação da metodologia Seis Sigma para redução de custos com materiais de desgaste e rodante para equipamentos móveis e semimóveis de uma empresa mineradora. A abordagem foi qualitativa, descritiva, por meio de pesquisa documental. O universo foi constituído por uma mineradora localizada na cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo em Minas Gerais. A amostra foi o setor de manutenção e operação de mina dessa mineradora. Foi observado que o setor analisado define Seis Sigma como metodologia que visa melhorar os processos e reduzir custos através da investigação e resolução dos problemas. As ferramentas estatísticas utilizadas para essa metodologia são gráfico sequencial, diagrama de Pareto, teste de normalidade e cartas de controle e as de qualidade, são diagrama de Ishikawa e 5W2H. Os resultados da implementação do Seis Sigma, indicaram a redução dos custos com materiais de desgaste e rodante para equipamentos móveis e semimóveis da empresa mineradora.

Palavras-chave: Material de desgaste. Material rodante. Redução de custos. Seis Sigma.

METHODOLOGY OF SIX SIGMA APPLICATION FOR WEAR MATERIALS AND ROLLING MATERIALS COST REDUCTION FOR MOBILE AND SEMI-MOBILE EQUIPMENTS OF A MINING COMPANY

Abstract: *Faced with the global scenario and the economic crisis affecting many sectors of mining, it is necessary to the constant search for cost reduction and high quality standards, whether products or services in order to make companies more competitive. The aim of this study was to identify the characteristics of the application of Six Sigma methodology to reduce wear materials and rolling materials costs for mobile and semi-mobile equipments of a mining company. The approach was qualitative, descriptive, through documentary research. The universe consisted of a mining company located in Sao Goncalo do Rio Abaixo city, in Minas Gerais. The sample was the maintenance sector and mine operation of this mining company. It was observed that the analyzed sector defines Six Sigma as a methodology that seeks to improve processes and reduce costs through research and problem solving. The statistical tools used for this methodology are sequential chart, Pareto's diagram, normality test and control charts, and quality tools are Ishikawa's diagram and 5W2H. The results of the implementation of Six Sigma indicated wear materials and rolling materials cost reduction for mobile and semi-mobile equipments of the mining company.*

1. Introdução

Atualmente um dos desafios das empresas é sua permanência no mercado com produtos atualizados, de qualidade e com preços competitivos. Com isso, estão buscando cada vez mais ferramentas de gestão eficientes no controle de seus processos, na padronização dos produtos e na diminuição dos desperdícios.

Segundo Matos et al. (2003), muitas empresas estão em processo de reestruturação gerencial, buscando a redução de custos com a má qualidade e um atendimento alinhado com as exigências do cliente.

Nas últimas décadas, o programa Seis Sigma tem sido considerado a metodologia mais popular em busca de aperfeiçoamento de processos, segundo afirmações de Feitor, Vivacqua e Pinho (2005). Este é considerado, segundo Linderman et al. apud Andrietta e Miguel (2007), um

método que se concentra na diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos e falhas nos produtos.

Em um estudo realizado por Andrietta e Miguel (2007), com 121 empresas brasileiras, verificou-se que aproximadamente 90% destas empresas citaram a redução dos desperdícios como o principal benefício, como segundo benefício, 85% citaram aumento da produtividade, e como terceiro 80% citaram a diminuição da variabilidade dos processos.

Sendo assim, este estudo tem por objetivo apontar as características da aplicação da metodologia Seis Sigma para redução de custos com material rodante e material de desgaste para equipamentos móveis e semimóveis de uma empresa mineradora.

A metodologia Seis Sigma surgiu em 1987, na empresa Motorola, a partir do momento que seus profissionais começaram a realizar estudos a respeito da variabilidade dos processos de produção, pois tinham desafio alcançar um desempenho de produtos livres de defeitos (SENAPATI, 2004).

O programa Seis Sigma adota duas metodologias fundamentais, compostas por cinco fases, o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) e o DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design, Verify*). Pode-se dizer que a principal finalidade é a prática de uma administração estratégica fundamentada em medições pautadas à melhoria dos processos e diminuição das alterações nos produtos. A metodologia Seis Sigma é empregada para modificações estratégicas, se tratando de uma abordagem organizacional focada na excelência do desempenho e no cliente (WERKEMA, 2012).

Todas as pessoas que compõe a organização devem estar envolvidas, independente de seus cargos e funções, afirma Santos (2013). Por meio do treinamento, os envolvidos são capacitados a utilizar as ferramentas que mensuram e identificam os possíveis erros e/ou falhas nos processos, o qual faz parte do Ciclo DMAIC.

O Ciclo DMAIC pode ser definido como um roteiro a ser seguido, onde em cada etapa existem ferramentas específicas e apropriadas para cada projeto (SCHROEDER et al., 2008). Estas ferramentas têm a finalidade de testar os dados para obter, efetivamente, a causa do problema, o qual deseja ser solucionado e é composta por um ciclo de 5 fases, *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar). A seguir, apresentam-se as etapas e suas descrições.

Definir: Esta é a etapa onde ocorre o mapeamento do processo a ser melhorado. Segundo Werkema (2002), as principais atividades previstas nesta fase são: identificação das prioridades

e o estabelecimento da meta geral. Nesta fase é definida a equipe, a logística da equipe e o cronograma preliminar do projeto e as principais ferramentas utilizadas são gráficos e indicadores.

Medir: Esta fase se caracteriza por compreender o sistema existente e medir as variáveis principais do processo. As principais atividades previstas nesta fase são a estratificação do problema, análise da variação dos problemas priorizados e a definição das metas especificam para os problemas priorizados (WERKEMA, 2012).

Analisar: É realizada a análise do processo, na busca pelas causas geradoras do problema relacionado com as metas específicas definidas na fase anterior (AGUIAR, 2006). Esta fase, de acordo com Ribeiro (2006), é considerada a mais importante do ciclo, pois compreende a localização da raiz do problema e o causador da variabilidade. As ferramentas utilizadas nesse processo, citadas por Morando (2004), incluem a visualização de dados, testes de hipótese, análise de correlação e regressão e análise de variância.

Melhorar: Nesta fase são implantadas as melhorias propostas, utilizando-se dos dados e medições obtidos na fase anterior para elaboração de planos de ação, cálculos da nova capacidade do processo e implantação mudanças.

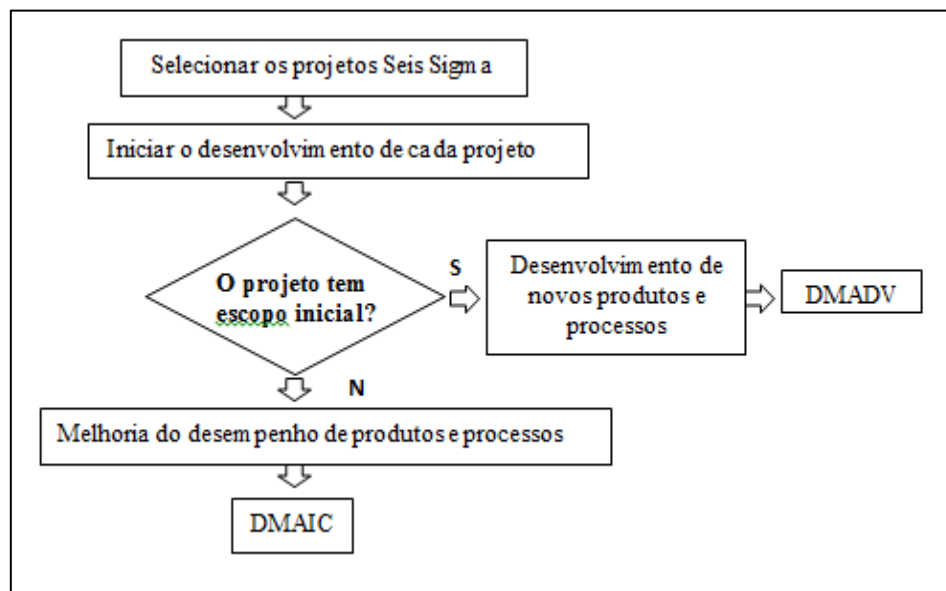
Controlar: O objetivo desta etapa no ciclo DMAIC, segundo Carpinetti (2010), é garantir que as melhorias conquistadas durante a etapa anterior não se perca, sendo que, para isso deve-se estabelecer e revisar os procedimentos operacionais com a nova rota de processo estabelecida e ainda utilizar ferramentas estatísticas, como cartas de controle de processo e registros de processo para monitoramento.

O DMADV é utilizado em projetos focados em criar novos desenhos de produtos e processos. O método auxilia na análise da solução de problemas, acrescentando exponencialmente a eficácia da análise com o progresso da capacidade do projeto de transformar informação em conhecimento. A fundamental finalidade da metodologia é determinar os objetivos de melhoria, para logo adaptar à eficiência do processo, a qualidade do produto e aos riscos. Ela ainda oferece alternativas no desenho de produção, examinando a implementação dos processos, a otimização da produção e os detalhes do desenho.

É possível encontrar na literatura, autores que citam a diferença entre o DMAIC e DMADV. E outros que entendem a DMADV como uma metodologia independente que apenas resgata conceitos e elementos do programa Seis Sigma.

Logo, a Figura 1 mostra que ambas as metodologias (DMADV e DMAIC) são aplicadas para o programa Seis Sigma.

Figura 1 - DMAIC versus DMADV



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2012, p. 54.

De acordo com Werkema, (2012), o método DMADV é utilizado para desenvolvimento de novos produtos e processos, enquanto o DMAIC é aplicado para melhorar um produto ou processo já existente.

Hong e Goh apud Andrietta e Miguel (2007) relatam que a aplicação do programa ocorre com o apoio de ferramentas para a identificação, análise e solução de problemas, onde que a coleta e tratamento dos dados com suporte estatístico têm grande importância. A ferramenta DMAIC (definir; medir; analisar; incrementar; e controlar) é a mais utilizada pelo modelo Seis Sigma.

2. Metodologia

A abordagem qualitativa, descritiva foi utilizada para construção desse artigo. O universo foi constituído por uma mineradora localizada na cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo em Minas Gerais. A amostra foi o setor de manutenção e operação de mina desta mineradora.

Os documentos utilizados para este trabalho foram: relatórios extraídos do *software* MGM (Monitor de Gastos de Manutenção); relatório da gestão econômica; mapa de raciocínio; relatório de vida útil de material de desgaste e material rodante e planos de manutenção. Tais documentos referem-se ao período de janeiro de 2013 a dezembro de 2014, que incluiu a fase anterior e a fase de implementação do Seis Sigma no setor estudado.

O tratamento dos dados coletados foi realizado por meio da análise de conteúdo.

3. Análise dos Dados

Com base nas análises dos documentos apresentados pelo setor de manutenção e operação de mina, destacam-se os seguintes resultados que permitem evidenciar características de aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução de custos com materiais de desgaste e rodante para equipamentos móveis e semimóveis.

O sistema MGM – Monitor de Gastos da Manutenção é um *software* desenvolvido pelo setor de planejamento e gestão da manutenção, que realiza interface entre os sistemas de compras, gestão econômica da mineradora e usuários de manutenção. Ele é a interface entre todas as informações de execução orçamentária do setor de manutenção. Este *software* possui acesso direto ao banco de dados dos sistemas de compras da mineradora e traz, na forma de visualização, os valores orçados e executados, levando em consideração os respectivos filtros aplicados. Os documentos utilizados para o monitoramento de gastos da manutenção do setor são:

Relatórios da gestão econômica: Compara os orçamentos mensais na produção.

Mapa de raciocínio: Planilha eletrônica que norteia a implementação do Seis Sigma para redução de custos com material rodantes e de desgaste no setor de operação e manutenção de uma empresa mineradora.

Relatório de vida útil de material de desgaste e material rodante: Relatório para comparação e acompanhamento de desgaste do material rodante e material de desgaste dos equipamentos da mineradora.

Planos de manutenção: Documento que informa ao setor de manutenção a periodicidade das manutenções, bem como todas as tarefas que devem ser executadas pela equipe de execução da manutenção.

Na utilização da metodologia DMAIC, esse setor se orientada em fases, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas do DMAIC

D	Fase I	Identificação do problema	P
M	Fase II	Análise do fenômeno	
A	Fase III	Análise do processo	
I	Fase IV	Estabelecimento do plano de ação	
C	Fase V	Implantação do plano de ação	D
	Fase VI	Verificação dos resultados	C
	Fase VII	Padronização	A

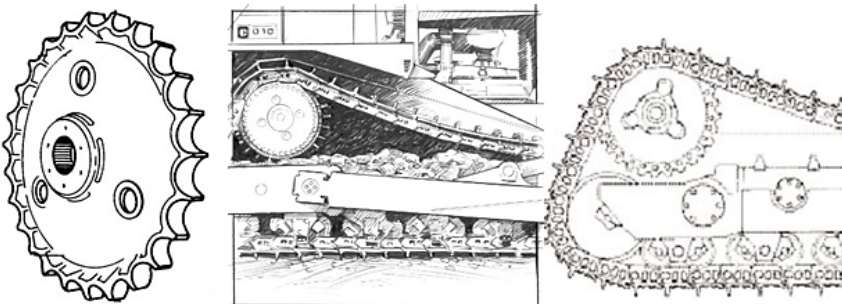
Fonte: VALE. Apostila Seis Sigma, Green Belt. 2013.

As fases utilizadas nesta pesquisa foram: identificação do problema; análise do fenômeno; análise do processo; estabelecimento do plano de ação; verificação dos resultados e padronização, conforme detalhamento a seguir.

Segundo Werkema (2002), na etapa de identificação do problema é definido claramente o problema a ser tratado, que por sua vez deve ser priorizado, estabelecendo metas de melhoria relacionada a ele.

A Figura 3 ilustra a fase de detalhamento de um problema identificado pelo setor de manutenção.

Figura 3 - Identificação do problema

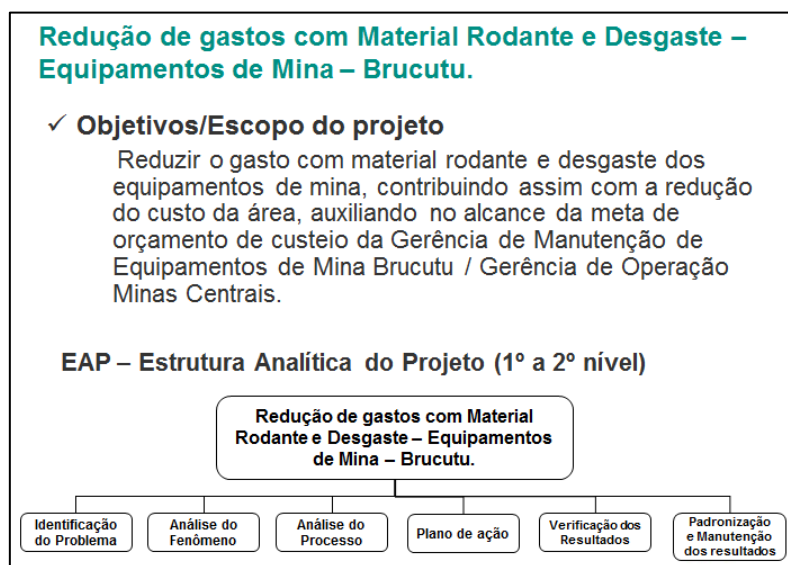
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7		Detalhamento do Problema								
8		Descrição do Problema:								
9		No ano de 2013 a Gerência de Manutenção e Operação de Mina Brucutu obteve um gasto de R\$								
10		6.620.0000 executado (até Dezembro 2013).								
11		A proposta deste trabalho visa reduzir os gastos com Material de Desgaste e Rodante de								
12		equipamentos de mina em Brucutu.								
13		Reduzindo o gasto com material de desgaste e rodante dos equipamentos de mina estaremos								
14		contribuindo com a redução do custo da área, auxiliando no alcance da meta de orçamento de custeio								
15		da Gerência de Manutenção de Equipamentos de Mina Brucutu / Gerência de Operação Minas								
16		Centrais, e principalmente estaremos alinhados com a política de desenvolvimento sustentável da								
17		empresa. Após o projeto estar implantado e sob controle na Mina de Brucutu, poderá ser disseminado								
18		entre as outras minas do complexo Minas Centrais e posterior Diretoria Operações Ferrosos Sudeste,								
19		assim tendo um retorno não somente localizado e sim na Diretoria.								
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31		Para o ano de 2014 foi orçado R\$ 6.847.683,01 para gastos com materiais de desgaste / material								
32		rodante para a Gerência de Manutenção e Operação de Mina Brucutu. Pretende-se reduzir 10% do								
33		valor orçado (R\$ 684.768,30) em 2014.								

Fonte: Adaptado da planilha Mapa de raciocínio, 2013.

A Figura 3 exemplifica o detalhamento do problema, alto custo com material rodante e material de desgaste de Equipamentos de Mina, bem como sua importância e meta de melhoria: redução de 10% em relação ao orçamento do ano de 2014 para estes tipos de materiais, que corresponde a uma economia de ou R\$ 684.768,30.

Dentro da primeira fase é apresentado também o escopo do projeto, conforme Figura 4.

Figura 4 - Escopo do projeto



Fonte: Adaptado da planilha Mapa de raciocínio, 2013.

A Figura 4 ilustra a definição do escopo do projeto: “Reduzir o gasto com material rodante e desgaste dos equipamentos de mina, contribuindo assim com a redução de custo da área, auxiliando no alcance da meta de orçamento de custeio da Gerência de Manutenção de Equipamentos de Mina Brucutu / Gerência de Operação Minas Centrais”, bem como a estrutura analítica do projeto em 1º e 2º nível. Sendo o 1º nível a “Redução de gastos com Material Rodante e Desgaste – Equipamentos de Mina – Brucutu” e o 2º nível, dividido entre as fases do DMAIC: identificação do problema; análise do fenômeno; análise do processo; plano de ação (estabelecimento e implantação); verificação dos resultados e padronização/manutenção dos resultados.

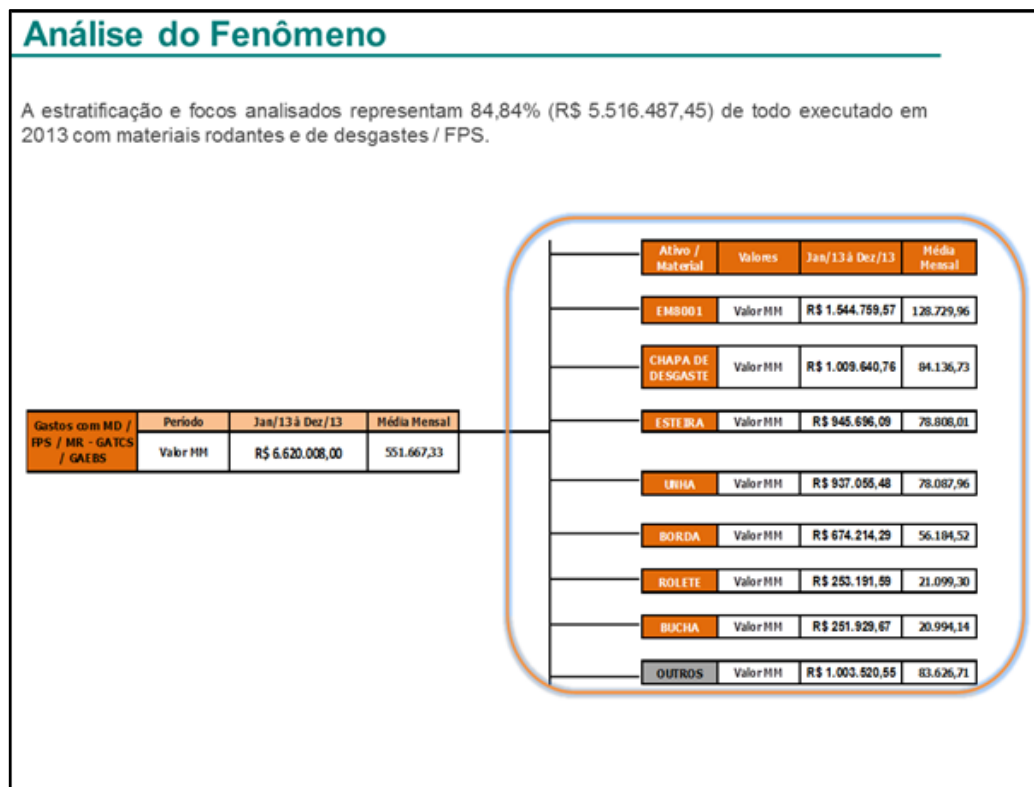
Consta também no mapa de raciocínio, a equipe do projeto destacando coordenador, padrinho e orientador e também a previsão de início e fim do projeto.

A fase de análise do fenômeno tem por objetivo buscar conhecer intensamente o problema, e ao mesmo tempo, empenhar-se em distender em dificuldades prioritárias mais simples (AGUIAR, 2006).

Assim, após o estabelecimento da meta (redução de 10% que corresponde a R\$ 684.768,30 do orçamento para MD e MR em 2014), deve ser feita uma análise do fenômeno ou análise do problema para que as características do problema possam ser reconhecidas.

A Figura 5 ilustra a etapa de análise do fenômeno sendo realizada pela empresa.

Figura 5 - Análise do fenômeno



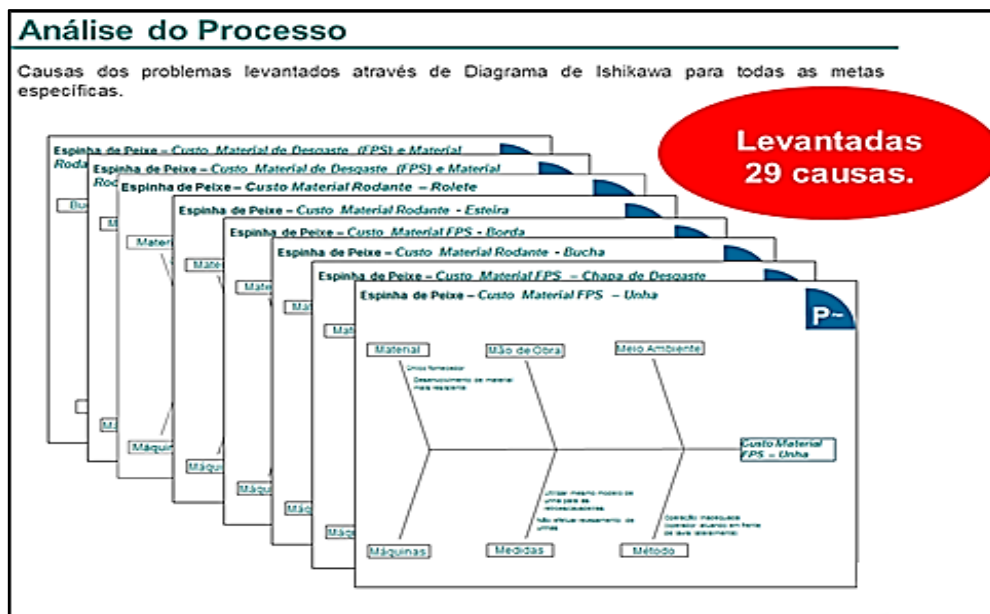
Fonte: Adaptado da planilha – Mapa de raciocínio, 2013.

A Figura 5 destaca o total de gastos com materiais rodantes e materiais de desgastes no setor de operação e manutenção da empresa no ano de 2013, totalizando R\$ 6.620.008,00. Desse total, foram definidos sete focos, ou problemas priorizados (EM8001; chapa de desgaste; esteira, unha; borda; rolete e bucha), sendo a soma do valor gasto com estas matérias, igual à R\$ 5.516.487,45, que por sua vez, representa 84,84% do total gasto durante todo ano de 2013 (R\$ 6.620.008,00).

De acordo com Werkema (2002), a análise do processo é a etapa em que são identificadas as causas potenciais dos problemas priorizados na etapa de análise do fenômeno.

Durante o levantamento das causas, é possível que seja gerada uma lista extensa de causas potenciais. Desta forma, faz-se necessário uma priorização das causas a serem tratadas. Na Figura 6, fica claro perceber estas várias causas.

Figura 6 - Levantamento de causas



Fonte: Adaptado da planilha – Mapa de raciocínio, 2013.

A Figura 6 ilustra o levantamento das causas potenciais para cada problema priorizado, pois os mesmos são distintos e requerem análises distintas. Ao todo foram levantadas 29 causas potenciais sobre os sete problemas priorizados na etapa de análise do fenômeno. Como não é possível tratar todas as causas de uma única vez, faz-se necessário uma priorização das mesmas.

A priorização das causas foi realizada através de uma matriz criada a partir dos membros do projeto, com a utilização de três critérios para avaliação: facilidade; autonomia e impacto, onde o item facilidade implica na facilidade que os membros julgam para resolução da causa potencial. Já a autonomia, implica no poder de atuação que os membros detêm sobre a causa e por fim, o impacto representa o “peso” desta causa em função da resolução do problema.

As causas priorizadas foram aquelas que obtiveram pontuação total igual ou superior a 17 pontos ou 80% da pontuação total, pois, de acordo com a expertise do grupo, ao seguir este critério, foram priorizadas as causas geradoras de 80% dos problemas, sendo que as demais causas também serão tratadas, porém, não priorizadas no primeiro momento.

Ainda sobre a matriz de priorização, foram definidas pontuações de um a sete, onde a nota um representa menor relevância e sete representa maior relevância para o critério avaliado. Desta forma, a pontuação máxima que cada causa potencial pode ter são 21 pontos.

Assim, o projeto para redução de gastos com material rodante e material de desgaste no setor de operação e manutenção de uma empresa mineradora obteve um total de 29 causas potenciais,

sendo que 12 foram priorizadas (ilustradas pela tabela 5) e 17 não foram priorizadas, porém, todas foram tratadas, mas seguindo esta diretriz e priorização.

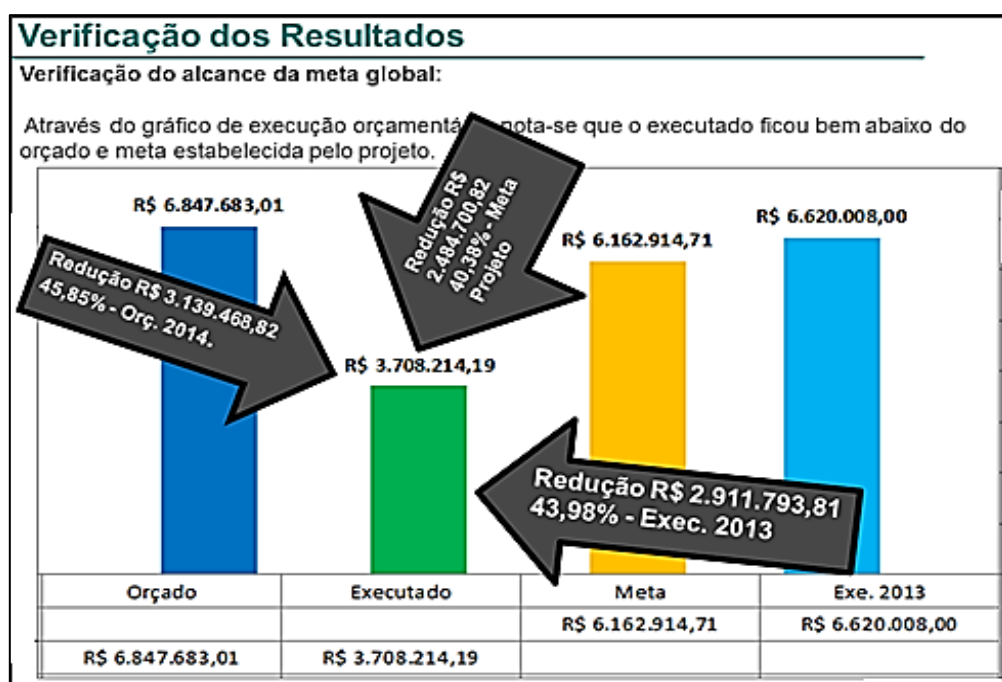
Indo de encontro à afirmação de Aguiar (2006) e dando sequência à implementação do Seis Sigma utilizando a ferramenta DMAIC, após a análise do processo veio o estabelecimento do plano de ação, que por sua vez, visa à definição de ações para cada causa potencial levantada. O objetivo é identificar os itens relevantes do plano de ação para cada uma das 24 ações criadas para este trabalho, que são: o número da ação; o que fazer com esta ação; porque esta ação de faz necessária; como realizar a ação; quem é o responsável pela execução da ação; até quando esta ação deve ser concluída; data de reprogramação, caso a ação não tenha sido executada no prazo inicial, por qualquer motivo; status de acompanhamento da ação para saber se a mesma está em execução ou dentro do prazo, concluída ou atrasada e por fim a observação de cada ação que permite visualizar a evidência de conclusão ou motivo de atraso / cancelamento da mesma.

Na fase de implantação do plano de ação, deve acontecer a unificação das novas atividades, a implantação de um plano para monitoramento do processo e a implantação de plano de ações corretivas, caso apareçam problemas no processo (WERKEMA, 2012). Após o estabelecimento do plano de ação, é necessário que as ações propostas sejam implantadas. Normalmente, parte das ações é de caráter técnico, porém, é necessário dar atenção especial aos aspectos comportamentais dos envolvidos nas possíveis mudanças oriundas das ações.

A investigação dos resultados consiste na avaliação da obtenção da finalidade geral e das metas específicas, bem como a quantificação dos lucros do projeto. Esta confirmação é feita por meio da comparação dos dados colhidos antes e depois da implantação das soluções e a investigação do alcance das metas (WERKEMA, 2012).

Abaixo, os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta DMAIC, representados na Figura 7.

Figura 7 - Verificação dos resultados



Fonte: Adaptado da planilha – Mapa de raciocínio, 2014.

A figura 7 ilustra os resultados obtidos com a aplicação ferramenta DMAIC, através da metodologia Seis Sigma para redução de custos com material rodante e material de desgaste para equipamentos móveis e semimóveis de uma mineradora. A meta desse projeto foi estabelecida na redução de 10% (R\$ 684.768,30) sobre o valor orçado para contas de material de desgaste e material rodante do setor de operação e manutenção de uma mineradora. Sendo assim, o sucesso da implantação da metodologia Seis Sigma se deu com o valor gasto em materiais rodantes e materiais de desgastes não ultrapassando o total de R\$ 6.612.914,71, pois o valor total do orçamento ainda para esses tipos de materiais no ano de 2014 foi de R\$6.847.683,01. No final de 2014, os gastos totais com material de desgaste e materiais rodantes foram de R\$3.708.214,19, representando uma redução de 45,85%, ou R\$3.139.468,82 sobre o valor orçado para o mesmo ano. Portanto, caracteriza-se o sucesso da aplicação da metodologia Seis Sigma para redução de gastos com material rodante e material de desgaste para equipamentos móveis e semimóveis de uma mineradora, pois a meta estabelecida não só foi atingida, mas também superada.

Na fase de padronização, acontece a unificação das novas atividades, a implantação de um plano para monitoramento da técnica e a implantação de plano de ações corretivas, caso apareçam dificuldades no processo (WERKEMA, 2012).

Conforme NOGUEIRA (2008), para a implantação do programa Seis Sigma, através da metodologia DMAIC, fez-se necessário a revisão de alguns procedimentos.

Após a fase de verificação de resultados, o setor de operação e manutenção realizou um treinamento sobre ajuste de tensão das esteiras de equipamentos da frota de infraestrutura. O treinamento foi ministrado para a equipe, a fim de buscar uma melhor prática sobre aumento de desempenho de material de desgaste e material rodante, pois durante o projeto em questão, verificou-se um ponto de fragilidade sobre conhecimentos e procedimentos em relação à atividade de ajuste de tensionamento das esteiras para os equipamentos da frota de infraestrutura.

4. Considerações Finais

Este estudo permitiu evidenciar a aplicação da metodologia Seis Sigma pelo setor de manutenção e operação de mina, da mineradora, para a redução dos custos com materiais de desgaste e rodante para equipamentos móveis e semimóveis. Para isto, foi utilizada a metodologia DMAIC, composta pelas fases: identificação do problema, análise do fenômeno, análise do processo, estabelecimento do plano de ação, implantação do plano de ação, verificação dos resultados e padronização. Após a implementação da metodologia Seis Sigma fica explícito a redução de custos com os materiais envolvidos.

A redução de custos relacionados aos materiais rodantes e materiais de desgaste é um tema relevante no que diz respeito a uma boa execução financeira da empresa como um todo, pois estes materiais causam impactos intensos no orçamento de uma empresa, independente de seu porte.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, S. **Integração das ferramentas de qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006.
- ALBUQUERQUE, C.C.C.P. **Modelo multicritério para priorização de projetos seis sigma**. 2011. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2011.
- ALGARTE, W. **O movimento da Qualidade no Brasil**. Brasília: Inmetro, 2011.
- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**. v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.
- SCHROEDER, R.G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C.; CHOO, A.S. Six Sigma: definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v.26, p. 536-554, 2008.
- FEITOR, C. D. C.; VIVACQUA, C. A.; PINHO, A. L. S. de. Elementos essenciais para implementação com sucesso do programa seis sigma. In: XIII SIMPEP, 2005, Bauru/SP.

MATOS, JORGE DA LUZ.; CATEN, CARLA SCHWENGBER TEN. Seis Sigma: uma aplicação na indústria petroquímica. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

NOGUEIRA, L. C. L.; **Gerenciamento pela qualidade total na saúde**. 3.ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2008.

SANTOS, J.C.S.; **Integração da Técnica Seis Sigma (DMAIC) com métricas ambientais para a busca de melhorias na ecoeficiência de um processo industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Uninove, São Paulo, 2013.

SENAPATI, N. R. Six Sigma: myths and realities. **International Journal of Quality & Realibility Management**. v. 21, n. 6, p. 683-690, 2004.

VALE. Apostila Seis Sigma, Green Belt. 2013.

WERKEMA, M. C. C. Criando a cultura seis sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, M. C. C. **Perguntas e respostas sobre o lean seis sigma**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.